

# GGG 90 Küresel Grafitli Dökme Demirin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi

\*<sup>1</sup>Harun Koçak, <sup>2</sup>Mahmut Gülesin, <sup>2</sup>Gültekin Uzun

<sup>1</sup>Cihanbeyli Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

## Özet

Bu çalışmada, GGG 90 sınıfı küresel grafitli dökme demir malzemesinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından ISO 3685'e uygun olarak işlenebilirliği araştırılmıştır. Deneyle, 250 mm uzunluğunda ve 90 mm çapında numuneler üzerinde, dört farklı kesme hızında (250, 300, 350 ve 400 m/dak), üç farklı ilerleme (0,2-0,25-0,3 mm/dev) ve 1,6 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında tornalanarak gerçekleştirilmiştir. Deneyle, kaplamasız sementit karbür, kaplanmış sementit karbür, kaplanmış sermet ve kaplanmış seramik takımlar kullanılmıştır. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde en fazla azalma kaplamasız karbür takımla yapılan deneylede ölçülmüş fakat diğer takımlarda kayda değer bir azalma görülememiştir. En iyi yüzey pürüzlülüğü kaplamasız karbür takımla ve en düşük kesme kuvvetleri kaplamalı karbür takımla yapılan deneylede ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** GGG 90, işlenebilirlik, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü.

## Abstract

In this study, machinability of GGG 90 grade spheroidal graphite cast iron has been investigated according to ISO 3685 in terms of cutting forces, surface roughness. Machinability tests were performed at four different cutting speeds (250, 300, 350 and 400 m/min.), three different feed rates (0,2, 0,25 and 0,3 mm/rev) and 1,6 mm depth of cut by turning without coolant. In the tests, cementide carbide without coating, coated cementide carbide, coated cermet and coated ceramic tools were used. Surface roughness have been reduced with increasing cutting speed in the tests with uncoated cementide carbide but it hasn't been observed remarkable reduce with other cutting tools. Best value of surface roughness has been obtained with uncoated cementide carbide tool. Coated cementide carbide tool has shown better performance according to other tools.

**Key words:** GGG 90, machinability, cutting forces, surface roughness.

## 1. Giriş

Küresel grafitli dökme demirler (KGDD) 1970'den beri üretimi artmakla birlikte dayanım ve tokluk özelliklerinin iyi olması ısı işlemlerinin daha kısa sürmesi gibi özellikler bu malzemeleri cazip hale getirmiştir. Mekanik özellikler bakımından dövme çeliklere yakın özellikler göstermesi ve özgül ağırlığı çelikten düşük olması özellikle hafiflik için otomotiv endüstrisinde ve diğer alanlarda bu malzemeyi ön plana çıkarmaktadır. Otomobillerde kullanılan parçaların

\*Corresponding author: Address: Cihanbeyli Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Selçuk Üniversitesi, Türkiye. E-mail address: harunkocak@selcuk.edu.tr, Phone: +903326734089 Fax: +903326734090

yaklaşık olarak üçte biri KGDD'den üretildiğini söyleyebiliriz [1].

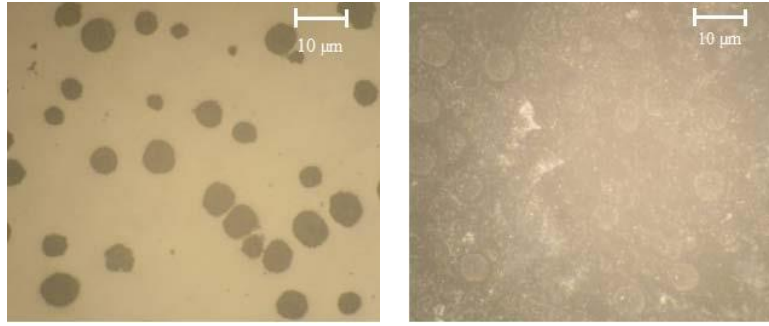
Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ise KGDD'den üretilen kam ve krank milinin maliyeti dövme çeliğe göre yaklaşık olarak %30 daha düşüktür [2-3]. Malzeme teknolojisinin gelişmesiyle yeni üretilen veya revize edilen malzemeler için işlenebilirlik konusu, ürün kalitesi ve maliyet açısından önem arz etmektedir. KGDD'lerin işlenebilirlikleri iç yapılarına ve sertliklerine bağlı olarak değişmektedir. Ferritik yapıda olanların işlenebilirliği iyi olmasına rağmen perlit oranı ve sertlik arttıkça malzemeyi işlemek zorlaşmaktadır. Küresel grafitli dökme demirlerin işlenebilirliğini etkileyen, yapısındaki grafit partikülleridir. Grafit partikülleri kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünü etkilerken, matris ise takım ömrünü belirleyen temel faktördür [4]. KGDD'lerin işlenebilirliği çeliğe kıyaslandığında çelik malzeme yerine KGDD kullanıldığında takım ömründe en az %20 iyileşme olduğu bazı firmalar tarafından belirtilmektedir[4]. İşlenebilirlik açısından diğer dökme demir türleriyle karşılaştırıldığında ise iyiden kötüye doğru: gri dökme demir, temper dökme demir, küresel grafitli dökme demir ve hızlı soğutulmuş (çil) beyaz dökme demir olarak sıralanabilir [5].

Bu çalışmada, kaplamasız karbür, kaplamalı karbür, sermet ve seramik takımlar kullanılarak farklı kesme hızları ve ilerleme değerlerinde küresel grafitli dökme demir GGG90 kalitesinin işlenebilirliği kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından araştırılmıştır.

## **2. Malzeme ve Metot**

### **2.1. Deney numunesi**

İşlenebilirlik deneyleri için biyel kolu ve krank mili malzemesi olarak kullanılan GGG 90 perlitik küresel grafitli dökme demir seçilmiştir. Anadolu Hidrolik firması tarafından 90 mm çapında ve 250 mm boyunda deney numunesinin dökümü yapılarak malzemenin spektral analizi yapılmıştır. Malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1'de görülmektedir. Aynı firmanın malzeme laboratuvarında standart metalografik numune hazırlama işlemleri yapıldıktan sonra malzemenin mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir. GGG 90 küresel grafitli dökme demirin dağlanmış mikro yapı fotoğrafında perlitik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 1). Malzeme sertliği Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Malzeme Laboratuvarında Wilson sertlik ölçüm cihazıyla 150 kg yük altında, silindirik numune üzerinden dışından merkeze doğru 28 - 30 HRC arasında ölçülmüştür.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan GGG90 mikroyapısı a) parlatılmış b) dağlama %2 nital.

Tablo 1. GGG90-KGDD kimyasal bileşimi ( % Ağırlık).

C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Cu	Al	Ti
3,77	2,17	0,232	0,022	0,006	0,026	0,029	0,858	0,688	0,008	0,008
V	Nb	Co	Zn	Mo	W	B	Sn	Pb	Zr	Fe
0,013	0,007	0,019	0,004	<0,001	<0,005	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	Kalan

## 2.1. İşleme şartları

İşlenebilirlik deneyleri, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında, Fanuc kontrol sistemine sahip 10 KW gücünde, iş mili değişken kademesiz hıza sahip ve 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilen "Johnford TC-35" CNC torna tezgâhında kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Deney numunesinin dış yüzeyi tornalanarak döküm kalıntılarında temizlenmiştir. Deneylerde ISO 3685'e uygun olarak Kennametal firmasına ait küresel grafitli dökme demir için tavsiye edilen kesici takımlar seçilmiştir. Deneylerde çok sayıda kesici takımları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Kesici takımlar mümkün olduğunca aynı geometride seçilmeye çalışılmış ancak bu malzeme seramik takım ile işlenilmek istenirse negatif talaş açısına sahip olacağı için seçilen seramik takım diğer takımlardan farklı olarak negatif geometriye sahiptir. Kesici takımlara ve tutuculara ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir. Kesme parametreleri, ISO 3685 ve kesici takım firmasının tavsiye ettiği değerler göz önünde bulundurularak kesici takımların performanslarını değerlendirmeye imkan verecek şekilde üst limitlere yakın olarak belirlenmiştir. Kesme parametreleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Kesme parametreleri.

Kesme Hızı (Vc), (m/dak)	250-300-350-400
İlerleme (f), (mm/dev)	0,2-0,25-0,3
Kesme Derinliği (a), (mm)	1,6

Her bir deneyde 12 cm<sup>3</sup> talaş kaldırılmak suretiyle kesme kuvvetlerinin ölçümü için CNC torna tezgahına adapte edilmiş, tornalamada oluşan üç kuvveti (esas kesme kuvveti “Fc”, İlerleme kuvveti “Ff” ve Pasif /radyal kuvvet “Fp”) aynı anda ölçebilen KISTLER 9257B, 3 bileşenli piezo-elektrik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre KISTLER Type 5019 sinyal yükselticiye bağlanarak veriler ara kablo vasıtasıyla bilgisayara aktarılmıştır. Elde edilen veriler “DynoWare Type 2825A1-2” programı ile grafiklere dönüştürülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için “Mahr Perthometer M1” yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri deney numunesinin eksenine paralel olacak şekilde ve her ölçümden sonra deney numunesi kendi eksenini etrafında 120° çevrilerek üç ayrı yüzeyden yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) hesaplanmıştır.

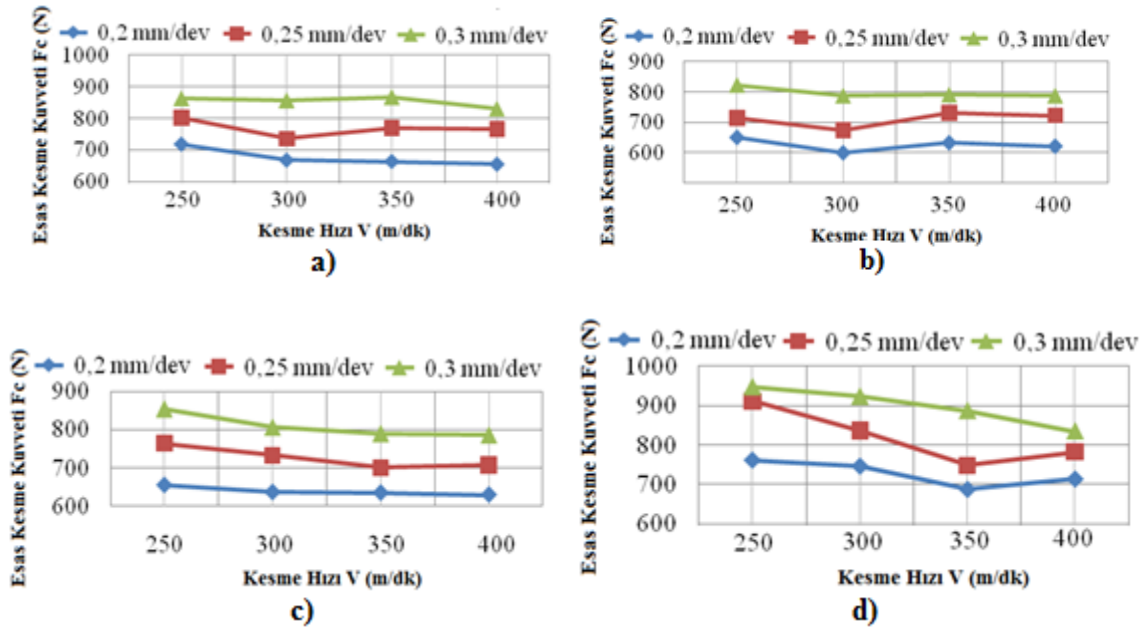
Tablo 3. Kesici takım ve tutucuların teknik özellikleri.

Kesici Uç	Kaplama	ISO Katalog Numarası	Tutucu
Karbür	Yok		
Karbür	TiN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MT/TiCN	SCMT120408	SSSCR2525M12
Sermet	TiN-TiCN-TiN		
Seramik	TiN-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SNGA120408	PSSNR2525M12

### 3. Deney Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Kesme kuvvetleri

Seçilen küresel grafitli dökme demir için dört farklı takım ile toplam 48 ayrı deney gerçekleştirilerek elde edilen kesme kuvveti verileri Şekil 2’de grafiklerle gösterilmiştir. Elde edilen kesme kuvvetleri incelendiğinde bütün takımlar için esas kesme kuvveti diğerlerinin iki katına yakın ve radyal kuvvetin ise ilerleme kuvvetinden daha fazla çıktığı görülmektedir. Radyal kuvvetin ilerleme kuvvetinden daha fazla olması yavaşma açısıyla açıklanabilir. Yavaşma açısının küçülmesi radyal kuvvetin artmasına neden olur. Yavaşma açısı büyüdükçe ilerleme kuvveti artar radyal kuvvet ise azalır [6]. Deneyler için yavaşma açısı 45° olarak seçilmiş ve bunun sonucu olarak radyal kuvvet ilerleme kuvvetinden daha fazla çıkmıştır. Kaplamasız karbür takım ile 0,2mm/dev ilerleme miktarlarında yapılan deneylerde kesme hızı arttıkça literatüre benzer olarak esas kesme kuvvetleri düşmektedir. 300 m/dk kesme hızına kadar bütün ilerleme değerleri için esas kesme kuvvetleri azalmakta ve 300 m/dk kesme hızından sonra ilerlemenin artmasıyla esas kesme kuvvetinde dalgalanmalar meydana gelmektedir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalara paralellik göstermektedir [7]. Bu dalgalanma, ilerlemenin artmasıyla kesici takımında meydana gelen aşınmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sermet takım için oluşturulan esas kesme kuvveti grafiği bunu doğrular niteliktedir. En düşük esas kesme kuvveti kaplamalı karbür takım ile yapılan deneylerde elde edilmiştir ve kaplamasız karbür takım ile yapılan deneylerde ölçülen esas kesme kuvvetinden yaklaşık olarak %8-%10 daha azdır.



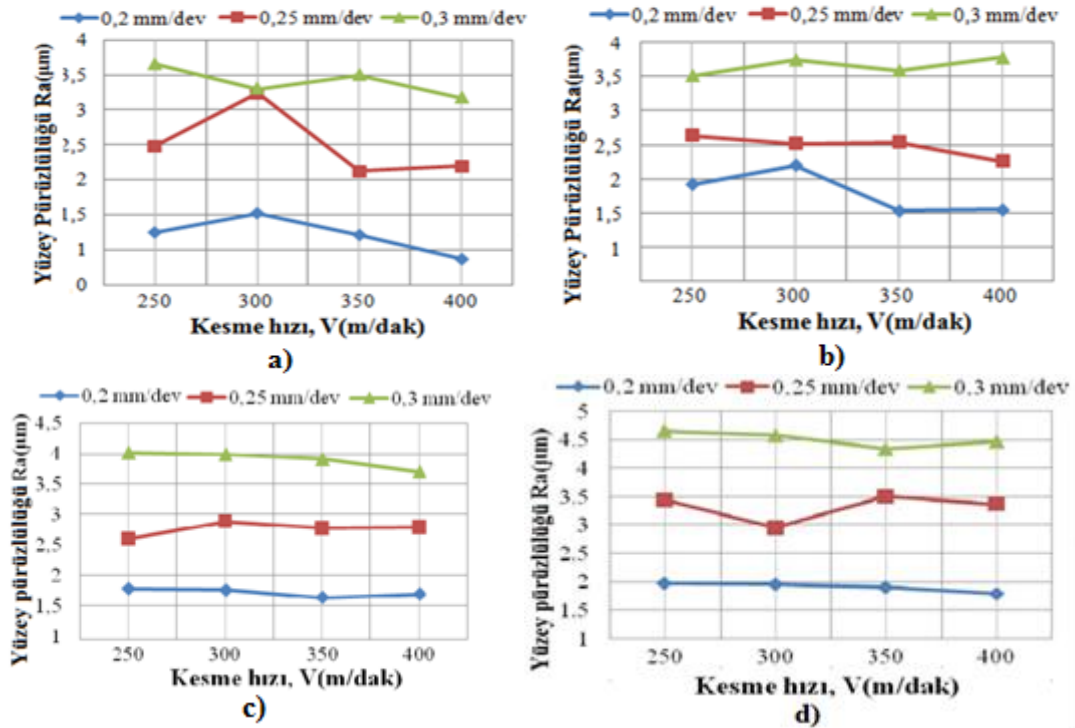
Şekil 2. Kesme hızı ve ilerlemenin esas kesme kuvveti üzerindeki etkisi a) kaplamasız karbür b) kaplamalı karbür c) sermet d) seramik.

Sermet takım, seçilen parametrelerde ideal bir esas kesme kuvveti grafiği sergilemiştir. Her bir ilerleme miktarlarında esas kesme kuvvetlerindeki değişime bakıldığında kesme hızının artmasıyla esas kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir. Esas kesme kuvvetinin azalması literatürle paralellik göstermektedir [5,7]. Sermet takımla yapılan deneylerde elde edilen esas kesme kuvvetleri kaplamasız karbür takımla yapılan deneylerde elde edilenlerden daha düşük ancak kaplamalı karbür takımla yapılan deneylerdekinden yüksektir. Seramik takımla yapılan deneylerde görüldüğü gibi 350 m/dk kesme hızına kadar esas kesme kuvvetinde düşme meydana gelmektedir. Seramik takımla yapılan deneylerde dikkat çeken bir husus; 350 m/dak kesme hızından sonra kesme hızının artmasıyla yüksek ilerleme miktarında esas kesme kuvveti düşmekte, düşük ilerleme miktarlarında ise esas kesme kuvveti artmaktadır. Genel olarak kesme hızı arttıkça kesme kuvvetleri düşer ve bununla birlikte kesme hızı sınır değere ulaştıktan sonra kesme hızının artmasıyla kesici takım aşınması normalden daha fazla olarak gelişir ve kesme kuvvetleri yükselmeye başlar [8]. Bu periyottan sonra kesme kuvvetlerinin yükselmesinde en fazla etkisi olan takım aşınmasıdır. İlerleme miktarının artmasıyla ilerleme kuvveti yükselir ve bileşke kuvvetin yönü kesici takımın merkezine yaklaşır. Bu durum takımın bileşke kuvvete daha mukavemetli olarak karşı koymasına olanak sağlar ve seramik takım gibi kırılğan kesici takımların kırılarak aşınmasını azaltabilir.

### 3.2. Yüzey pürüzlülüğü

Deneylerde en iyi yüzey pürüzlülüğü 400 m/dak kesme hızında 0,2 mm/dev ilerleme değerinde kaplamasız sementit karbür takımla yapılan deneyde 0,859  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür (Şekil 3).

Kesici takım kaplamasız olduğu için takım talaş arasındaki sürtünme kaplamalı takımlara göre daha fazladır. Bu şartlarda kesme hızının artmasıyla birlikte kesme bölgesindeki sıcaklık artacağından dolayı talaş oluşumu kolaylaşır ve yüzey pürüzlülüğünde iyileşme meydana gelir [7]. Sürtünmenin artması esas kesme kuvvetinin de artmasına neden olur ve bunun neticesinde radyal kuvvet bir miktar düşer. Deneylede kullanılan bütün kesici takımlara bakılırsa yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkileyen radyal kuvvetin kaplamasız sementit karbür takım ile yapılan deneylerde daha az meydana geldiği görülmektedir. Bu husus, en düşük yüzey pürüzlülüğünün kaplamasız karbür takım ile elde edilmesinde etkili olduğu söylenebilir. Düşük ilerleme miktarlarında kaplamasız karbür takım sermet takımından, sermet takım ise kaplamalı karbür takımından daha iyi sonuç vermiştir. İlerlemenin artmasıyla sermet takım, karbür takımlardan daha kırılğan olduğu için ve karbür takımlara göre kırılarak aşınmasıyla kesici kenarda aşınma artmakta bunun sonucunda da yüzey pürüzlülüğü açısından daha kötü performans sergilemektedir [9]. En kötü yüzey pürüzlülüğü seramik takım ile yapılan deneylerde elde edilmiştir. Bu sonuç seramik takımın negatif geometriye sahip olmasıyla açıklanabilir. Negatif talaş açılı kesme kuvvetlerini olumsuz yönde etkilediği için pozitif geometriye sahip takımlardan daha kötü yüzey pürüzlülüğünün oluşmasına neden olurlar [10]. İdeal yüzey pürüzlülüğü 0,2 mm ilerleme miktarında 1,605  $\mu\text{m}$ , 0,25 mm ilerlemede 2,507  $\mu\text{m}$  ve 0,3 mm ilerlemede ise 3,611  $\mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır. İdeal yüzey pürüzlülüğüyle doğal yüzey pürüzlülüğü karşılaştırıldığında genel olarak kaplamasız karbürle elde edilen doğal yüzey pürüzlülüğü ideal yüzey pürüzlülüğünden daha iyi diğer takımlar için ise doğal yüzey pürüzlülüğü hesaplanandan daha fazla çıkmıştır.



Şekil 3. Kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi a) kaplamasız karbür b) kaplamalı karbür c) sermet d) seramik.

## Sonuçlar

En düşük esas kesme kuvveti kaplamalı karbür takımla yapılan deneylerde ölçülmüştür. Kaplamasız karbür takımlarla elde edilen esas kesme kuvvetleri kaplamalı sementit karbür takımlarla elde edilenlerden % 8 -%10 daha fazladır.

En düşük radyal kuvvet kaplamasız karbür takımla yapılan deneylerde elde edilmiştir. Karbür takımlar için kesme hızının artması radyal kuvveti düşürmekte fakat sermet ve seramik takımlar için radyal kuvvet artma eğilimine girmektedir.

Sementit karbür takımla küresel grafitli dökme demir işlenirken bu çalışmadaki parametrelere göre 300 m/dak kesme hızı sınır olarak kabul edilebilir. Yüksek ilerleme miktarlarıyla yapılan işlemede bileşke kuvvetin yönü takım merkezine yaklaşacağından dolayı seramik takımın kesme kuvvetine karşı daha mukavim olacağı düşünülmektedir.

En iyi yüzey pürüzlülüğü 400 m/dak kesme hızında 0,2 mm/dev ilerleme değerinde kaplamasız sementit karbür takımla yapılan deneyde 0,859  $\mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü bakımından düşük ilerleme miktarlarında kaplamasız karbür takım sermet takımdan, sermet takım ise kaplamalı karbür takımdan daha iyi sonuç vermiştir.

Genel olarak kaplamasız karbürle elde edilen doğal yüzey pürüzlülüğü ideal yüzey pürüzlülüğünden daha iyi, diğer takımlar için ise doğal yüzey pürüzlülüğü hesaplanandan daha fazla çıkmıştır.

## Kaynaklar

[1] Özdemir Ö. Otomotiv Sektöründe Kullanılan Küresel Grafitli Dökme Demir Üretimine Etki Eden Parametrelerin Teorik İncelenmesi, Ultrasonik Ses Hızı Yöntemiyle Tahribatsız Kontrolü Ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir; 2007,1-10.

[2] Lessiter, M.J., “Engineered cast components for the automotive industry”, Engineered Casting Solutions Fall; 2000,37.

[3] Bosnjak, B., Radulovic, B., Pop-Tonev, K. And Asanoviv, V., “Influence of microalloying and heat treatment on the kinetics of bainitic reaction in austempered ductile iron”, Journal of Materials Engineering and Performance; 2001; 203;10-2.

[4] Machining data handbook, 3rd ed., Metcut Research Associates, Inc., Cincinnati, OH; 1980.

[5] Machining Ductile Irons, International Nickel Co. Inc., New York; 2001.

[6] Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara; 2006;1-268.

[7] Yavuz, K., “GGG-70 Sınıfı K rtesel Grafitli Dökme Demir Kam Millerinin  şlenebilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara; 2006; 3-94.

[8]  z atalbař, Y., “Kesici Takım Aşınması Ve  ş Malzemesi Mekanik  zelliklerinin Y zeyP r zl l đ  Ve Kesme Kuvvetlerine Etkisi”, Politeknik Dergisi; 2002;4: 47-52.

[9] Koçak, H., “GGG 90 Küresel Grafitli Dökme Demirin  şlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınması Açısından Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara; 2011.

[10] Isık, Y.,  akır, M.C., “Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Takım  eliklerinin  şlenebilirliği”, Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Bursa, 2004;205-213.